

1  
IAP20 Rec'd PCT/PTO 21 MAR 2006

Verschleißschutzschicht, Bauteil mit einer derartigen Verschleißschutzschicht sowie Herstellverfahren

Die Erfindung betrifft eine Verschleißschutzschicht, insbesondere eine Erosionsschutzschicht für Gasturbinenbauteile, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Bauteil mit einer derartigen Verschleißschutzschicht gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 11 und ein Verfahren zur Herstellung einer Verschleißschutzschicht gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 13.

Strömungsmechanisch belastete Bauteile, wie Gasturbinenbauteile, unterliegen einem Verschleiß infolge von Oxidation, Korrosion und Erosion. Bei der Erosion handelt es sich um einen Verschleißvorgang, der durch in der Gasströmung mitbewegte feste Stoffe hervorgerufen wird. Um die Lebensdauer von strömungsmechanisch belasteten Bauteilen zu verlängern, sind Verschleißschutzschichten erforderlich, welche die Bauteile vor Verschleiß schützen, insbesondere gegen Erosion, Korrosion und Oxidation.

Aus der DE 198 59 477 A1 ist eine Verschleißschutzschicht für strömungsmechanisch beanspruchte Bauteile bekannt. Die dort offenbare Verschleißschutzschicht besteht im Wesentlichen aus amorphen oder amorph-nanokristallinen Metallen, insbesondere aus einer Legierung auf Nickel-Wolfram-Basis.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, eine neuartige Verschleißschutzschicht insbesondere für Gasturbinenbauteile sowie ein Bauteil mit einer derartigen Verschleißschutzschicht und ein entsprechendes Herstellungsverfahren zu schaffen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass die Eingangs genannte Verschleißschutzschicht durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

Die erfindungsgemäße Verschleißschutzschicht verfügt über einen zumindest zweischichtigen Aufbau, wobei eine erste Schicht auf der zu schützenden Oberfläche des Bauteils aufgebracht ist und über eine an die Materialzusammensetzung des Bauteils angepasste Materialzusammensetzung verfügt, und wobei eine zweite Schicht eine äußere Deckschicht bildet.

Die erste Schicht ist vorzugsweise als poröse, relativ weiche Schicht mit Dämpfungseigenschaften ausgebildet, wohingegen die zweite Schicht als relativ harte Schicht ausgebildet ist. Die äußere, zweite Schicht bewirkt den eigentlichen Erosionsschutz. Die darunter liegende, dämpfende erste Schicht kann beim Einschlag von Partikeln Energie absorbieren und so eine Rissbildung im zu schützenden Bauteil verhindern.

Das erfindungsgemäße Bauteil ist im unabhängigen Patentanspruch 11 und das erfindungsgemäße Verfahren ist im unabhängigen Patentanspruch 13 definiert.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: eine stark schematisierte Darstellung einer Schaufel einer Gasturbine, die eine erfindungsgemäße Verschleißschutzschicht aufweist, und

Fig. 2: einen stark schematisierten Querschnitt durch die erfindungsgemäße Verschleißschutzschicht.

Nachfolgend wird die hier vorliegende Erfindung unter Bezugsnahme auf Figuren 1 und 2 in größerem Detail erläutert. Fig. 1 zeigt eine Schaufel einer Gasturbine in perspektivischer Ansicht, die eine erfindungsgemäße Verschleißschutzschicht trägt. Fig. 2 zeigt einen schematisierten Querschnitt durch die Schaufel und die Verschleißschutzschicht.

Fig. 1 zeigt eine Schaufel 10 einer Gasturbine mit einem Schaufelblatt 11 und einem Schaufelfuß 12. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist die gesamte Schaufel 10, nämlich eine zu schützende Oberfläche derselben, mit einer Verschleißschutzschicht 13 beschichtet. Obwohl im gezeigten Ausführungsbeispiel die komplette Schaufel 10 mit der Verschleißschutzschicht 13 beschichtet ist, ist es auch möglich, dass die Schaufel 10 nur abschnittsweise, also nur im Bereich des Schaufelblatts 11 oder im Bereich des Schaufelfußes 12, die Verschleißschutzschicht 13 aufweist. Auch können andere Gasturbinenbauteile wie zum Beispiel integral beschaufelte Rotoren mit der Verschleißschutzschicht 13 beschichtet sein.

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch die Schaufel 10 im Bereich des Schaufelblatts 11, wobei auf eine Oberfläche 14 des Schaufelblatts 11 die Verschleißschutzschicht 13 aufgebracht ist. Im Sinne der Erfindung ist die Verschleißschutzschicht 13, die im gezeigten Ausführungsbeispiel eine Erosionsschutzschicht bildet, zumindest zweischichtig bzw. zweilagig aufgebaut. Im konkreten Ausführungsbeispiel der Fig. 2 umfasst die Verschleißschutzschicht 13 zwei Schichten. Eine erste Schicht 15 ist unmittelbar auf die Oberfläche 14 des Schaufelblatts 11 aufgebracht. Eine zweite Schicht 16 bildet eine äußere Deckschicht der Verschleißschutzschicht 13 und ist unmittelbar auf die erste Schicht 15 aufgebracht.

Es liegt nun im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, die erste Schicht 15 aus einem Material bzw. einem Werkstoff herzustellen, der an die Materialzusammensetzung des zu beschichtenden Bauteils, im gezeigten Ausführungsbeispiel an die Materialzusammensetzung der Schaufel 10 bzw. des Schaufelblatts 11, angepasst ist. Besteht das zu beschichtende Bauteil, nämlich das Schaufelblatt 11, aus einer Titanlegierung, so ist die erste Schicht 15 der Verschleißschutzschicht 13 ebenfalls aus einer Titanlegierung bebildet. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Schaufelblatt aus einem Titan-Aluminium-Material bzw. einem Titan-Aluminium-Werkstoff gebildet und die erste Schicht 15 der Verschleißschutzschicht 13 besteht ebenfalls aus einem Titan-Aluminium-Werkstoff. Die erste Schicht 15 der Verschleißschutzschicht 13 ist jedoch gegenüber dem zu beschichtenden Bauteil, nämlich dem zu beschichtenden Schaufelblatt 11, porös und relativ weich ausgebildet. In Fig. 2 sind Poren 17 innerhalb der

ersten Schicht 15 der Verschleißschutzschicht 13 stark schematisiert dargestellt. Die poröse sowie relativ weiche erste Schicht 15 verfügt über dämpfende Eigenschaften.

Die auf die erste Schicht 15 aufgebrachte zweite Schicht 16 ist im Vergleich zur ersten Schicht 15 sowie im Vergleich zum zu beschichtenden Bauteil, nämlich zum zu beschichtenden Schaufelblatt 11, relativ hart ausgebildet. Bei einem Bauteil aus einem Titan-Aluminium-Werkstoff und einer ersten Schicht aus einem porösen Titan-Aluminium-Werkstoff ist die zweite Schicht 16 der Verschleißschutzschicht 13 vorzugsweise aus einem Titan-Nitrid-Werkstoff, einem Aluminium-Nitrid-Werkstoff oder einem Titan-Aluminium-Nitrid-Werkstoff hergestellt.

Die zweite Schicht 16, welche die Deckschicht der Verschleißschutzschicht 13 bildet, ist gegenüber der ersten Schicht 15 relativ dünn ausgebildet. Die äußere, zweite Schicht 16 verfügt vorzugsweise über eine Dicke von weniger als 0,1 mm. Die innenliegende erste Schicht 15 verfügt über eine Dicke von bis zu 1 mm.

Die relativ harte, äußere zweite Schicht 16 stellt den eigentlichen Erosionsschutz der Verschleißschutzschicht 13 bereit. Die zweite Schicht 16 schützt das Schaufelblatt 11 vor Erosion durch feine Partikel. Die darunter liegende, erste Schicht 15, die porös und relativ weich ausgebildet ist, verfügt über Dämpfungseigenschaften, so dass bei einem Einschlag von größeren Partikeln auf die Verschleißschutzschicht 13 von derselben Energie absorbiert werden kann. Die feinen, runden und mikroskopisch kleinen Poren 17 innerhalb der ersten Schicht 15 der Verschleißschutzschicht 13 verhindern, dass sich beim Einschlag größerer Partikel ein Riss von der relativ harten, äußeren Schicht 16 in das zu schützende Bauteil, nämlich das zu schützende Schaufelblatt 11 fortsetzen kann. Insofern stellt die erfindungsgemäße Verschleißschutzschicht 13 einen effektiven Schutz vor Erosionsverschleiß dar.

Dadurch, dass die erste Schicht 15 der Verschleißschutzschicht 13 aus einem ähnlichen oder dem gleichen Material besteht wie das zu schützende Bauteil, werden thermisch bedingte Eigenspannungen oder Diffusionsprobleme am zu schützenden

Bauteil vermieden. Die Verschleißschutzschicht 13 kann damit sicher und dauerhaft auf das zu schützende Bauteil aufgebracht werden.

Die erfindungsgemäße Verschleißschutzschicht 13 wird schichtweise auf das zu schützende Bauteil aufgetragen. Auf das zu schützende Bauteil, welches eine Bauteil-Materialzusammensetzung aufweist, wird zuerst die erste Schicht 15 und darauffolgend und die zweite Schicht 16 der Verschleißschutzschicht 13 aufgetragen. Wie bereits erwähnt, fügt die erste Schicht 15 der Verschleißschutzschicht 13 über eine an die Bauteil-Materialzusammensetzung angepasste Materialzusammensetzung und ist als poröse Schicht ausgebildet.

Nach einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wird die erste Schicht 15 der Verschleißschutzschicht 13 über einen gerichteten, atomaren oder nanoskaligen Teilchenstrahl bzw. Materiedampfstrahl auf die zu schützende Oberfläche des Bauteils aufgetragen. Hierzu dient insbesondere ein PVD-Verfahren (Physical Vapor Deposition). Kurz vor dem Auftreffen des gerichteten Materiedampfstrahls werden in den Materiedampfstrahl Zusatzstoffe eingelagert, die beim nachfolgenden Aushärten der ersten Schicht 15 verdampfen und dabei die Poren 17 hinterlassen. Die Zusatzstoffe sind vorzugsweise als Fulerene ausgebildet. Anstelle der Fulerene können jedoch auch andere Zusatzstoffe verwendet werden, die beim Aushärten bzw. Einbrennen der ersten Schicht 15 verdampfen und die Poren 17 hinterlassen.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die erste Schicht 15 auch mithilfe eines Schlickerverfahrens auf die zu schützende Oberfläche des Bauteils aufgebracht werden kann. In diesem Fall wird ein Schlickerwerkstoff, dessen Zusammensetzung an die Materialzusammensetzung des zu schützenden Bauteils angepasst ist, durch Pinseln, Tauchen oder Spritzen auf das zu schützende Bauteil aufgetragen. In diesen Schlickerwerkstoff sind wiederum Zusatzstoffe eingelagert, die beim Aushärten der ersten Schicht verdampfen und die Poren hinterlassen.

Anschließend wird auf die erste Schicht 15 die zweite Schicht 16 aufgetragen. Im gezeigten Ausführungsbeispiel, in welchem die Verschleißschutzschicht 13 zweilagig

ausgebildet ist, wird die zweite Schicht 16 unmittelbar auf die erste Schicht 15 aufgetragen. Dies erfolgt vorzugsweise durch Aufdampfen, Nitrieren, Aluminisieren oder Oxidieren.

## Patentansprüche

1. Verschleißschutzschicht, insbesondere Erosionsschutzschicht für Gasturbinenbauteile, die auf eine zu schützende Oberfläche (14) eines strömungsmechanisch beanspruchten Bauteils (10) aufgebracht ist, **gekennzeichnet durch** einen zumindest zweischichtigen Aufbau, wobei eine erste Schicht (15) auf der zu schützenden Oberfläche (14) des Bauteils (10) aufgebracht ist und über eine an die Materialzusammensetzung des Bauteils (10) angepasste Materialzusammensetzung verfügt, und wobei eine zweite Schicht (16) eine äußere Deckschicht bildet.
2. Verschleißschutzschicht nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Schicht (15) der Verschleißschutzschicht (13) aus dem gleichen oder einem ähnlichen Material besteht wie das Bauteil (10).
3. Verschleißschutzschicht nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Schicht (15) porös und relativ weich ausgebildet ist.
4. Verschleißschutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Schicht (15) dämpfende Eigenschaften aufweist.
5. Verschleißschutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Schicht (15) unmittelbar auf die zu schützenden Oberfläche (14) des Bauteils (10) aufgebracht ist.
6. Verschleißschutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil (10) aus einer Titanlegierung und die erste Schicht (15) aus einer porösen Titanlegierung besteht, wobei das Bauteil (10) insbesondere als Schaufel einer Gasturbine ausgebildet ist.
7. Verschleißschutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil (10) aus einem Titan-Aluminium-

Werkstoff und die erste Schicht (15) aus einem porösen Titan-Aluminium-Werkstoff besteht.

8. Verschleißschutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Schicht (16) der Verschleißschutzschicht relativ hart ausgebildet ist.
9. Verschleißschutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieselbe zweischichtig ausgebildet ist, wobei die zweite Schicht (16) unmittelbar auf die erste Schicht (15) aufgebracht ist.
10. Verschleißschutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Schicht (16) aus einem Titan-Nitrid-Werkstoff, einem Aluminium-Nitrid-Werkstoff oder einem Titan-Aluminium-Nitrid-Werkstoff besteht.
11. Bauteil, insbesondere Gasturbinenbauteil, mit einer Verschleißschutzschicht (13), insbesondere mit einer Erosionsschutzschicht, die auf eine zu schützende Oberfläche (14) des strömungsmechanisch beanspruchten Bauteils (10) aufgebracht ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschleißschutzschicht (13) einen zumindest zweischichtigen Aufbau aufweist, wobei eine erste Schicht (15) auf der zu schützenden Oberfläche (14) des Bauteils (10) aufgebracht ist und über eine an die Materialzusammensetzung des Bauteils (10) angepasste Materialzusammensetzung verfügt, und wobei eine zweite Schicht (16) eine äußere Deckschicht bildet.
12. Bauteil nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschleißschutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 10 ausgebildet ist.
13. Verfahren zur Herstellung einer Verschleißschutzschicht (13), insbesondere einer Erosionsschutzschicht für Gasturbinenbauteile, die auf eine zu schüt-

zende Oberfläche (14) eines strömungsmechanisch beanspruchten Bauteils (10) aufgebracht wird, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:

- a) Bereitstellen des Bauteils (10) bestehend aus einer Bauteil-Materialzusammensetzung,
  - b) Aufbringen der Verschleißschutzschicht (13) auf die zu schützende Oberfläche (14) des Bauteils (10), wobei die Verschleißschutzschicht (13) einen zumindest zweischichtigen Aufbau aufweist, wobei eine erste Schicht (15) auf der zu schützenden Oberfläche (14) des Bauteils (10) aufgebracht wird und über eine an die Bauteil-Materialzusammensetzung angepasste Materialzusammensetzung verfügt, und wobei eine zweite Schicht (16) eine äußere Deckschicht bildet.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Schicht (15) unmittelbar auf die zu schützende Oberfläche (14) des Bauteils (10) als poröse Schicht aufgebracht wird.
  15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** in das Material der ersten Schicht (15) Zusatzstoffe eingelagert werden, wobei diese Zusatzstoffe verdampft werden und dabei Poren (17) innerhalb der ersten Schicht (15) hinterlassen.
  16. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Schicht (15) der Verschleißschutzschicht als Schlickerwerkstoff durch Pinseln, Tauchen oder Spritzen aufgetragen und anschließend vorzugsweise durch Einbrennen oder durch Alitieren ausgehärtet wird.
  17. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Schicht (15) der Verschleißschutzschicht mit Hilfe eines gerichteten Materiedampfstrahls, insbesondere eines PVD-Materiestrahls, aufgetragen wird.

18. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Schicht (16) durch Aufdampfen oder durch Nitrieren oder durch Oxidieren oder durch Alitieren hergestellt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Schicht (16) unmittelbar auf die erste Schicht (15) aufgetragen wird.

### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft Verschleißschutzschicht, insbesondere Erosionsschutzschicht für Gasturbinenbauteile.

Die Verschleißschutzschicht (13) ist auf eine zu schützende Oberfläche (14) eines strömungsmechanisch beanspruchten Bauteils (10) aufgebracht.

Erfindungsgemäß verfügt die Verschleißschutzschicht (13) über einen zumindest zweischichtigen Aufbau, wobei eine erste Schicht (15) auf der zu schützenden Oberfläche (14) des Bauteils (10) aufgebracht ist und über eine an die Materialzusammensetzung des Bauteils (10) angepasste Materialzusammensetzung verfügt, und wobei eine zweite Schicht (16) eine äußere Deckschicht bildet (Fig. 2).